心理科学进展 2018, Vol. 26, No. 3, 423–432
Advances in Psychological Science DOI: 10.3724/SP.J.1042.2018.00423

躯体表情与面部表情加工进程比较*

丁小斌 康铁君 赵 鑫 付军军
(西北师范大学心理学院, 行为康复训练研究中心, 兰州 730070)

摘 要 躯体和面孔是个体情绪识别的敏感线索。与面部表情的早期视觉加工相似, P1成分对恐惧、愤怒等负性躯体表情更加敏感, 反映了对躯体威胁信息快速且无意识的加工。情绪躯体和面孔还有着类似的构型加工, 表现为二者都能诱发颞枕区视觉皮层相似的N170成分, 但涉及的神经基础并不完全相同。在构型编码加工中, 面部表情的N170与顶中正成分(Vertex Positive Potential, VPP)较躯体表情的N170、VPP更加明显。在面部表情和躯体表情的后期加工阶段, 早期后部负波(Early Posterior Negativity, EPN)反映了面孔和躯体视觉编码的注意指向加工, 随后出现的P3与晚期正成分(Late Positive Component, LPC)代表了顶额皮层对复杂情绪信息的高级认知加工。躯体表情还存在与外纹状皮层躯体区相关的N190成分, 其对躯体的情绪和动作信息敏感。今后的研究应进一步探讨动作对情绪知觉的影响、动态面孔–躯体情绪的加工机制等。

关键词 情绪; 躯体表情; 面部表情; P1; N170; N190
分类号 B842

1 引言

面孔与躯体作为人际互动的信息载体, 在识别他人的情绪、意图等方面发挥重要作用。以往心理学与认知神经科学的研究更多的关注面孔及面部表情, 情绪躯体语言(Emotional Body Language, EBL)并未引起研究者的足够关注。近年来, 与躯体表情和动作有关的研究及成果数量不断增加, 其中大量研究报告发表在 *Science* (Aviezer, Trope, & Todorov, 2012)、*Nature Reviews Neuroscience* (de Gelder, 2006)、*Neuron* (Moro et al., 2008)、*PNAS* (de Gelder, Snyder, Greve, Gerard, & Hadjikhani, 2004; Meeren, van Heijnsbergen, & de Gelder, 2005; Righart & de Gelder, 2007; van den Stock et al., 2011)等国际顶级学术期刊, 国内一些研究者也开始将目光转向躯体表情。躯体表情研究的核心问题是躯体线索在情绪知觉加工中的作用, 以及躯体表情与面部表情的关系(丁小斌, 康铁君, 赵鑫, 2017), 其中 “躯体表情与面部表情相比是否存在特殊的加工过程? 躯体表情较面部表情是否存在特异性目标选择分类区域?”等问题是躯体表情区别于面部表情的关键。对上述问题的探讨有助于进一步完善以往基于面部表情研究的情绪加工理论。本文旨在以面部表情知觉过程的研究为参考, 通过系统梳理躯体表情加工过程及其潜在神经基础的研究, 总结和归纳躯体表情认知加工进程的特征、心理意义及影响因素, 并在此基础上进一步归纳和分析躯体表情与面部表情知觉加工进程的异同, 以期为今后躯体表情与面部表情的研究提供参考。

2 早期自动化加工

有关情绪面孔(Luo, Holroyd, et al., 2010; Luo, Feng, He, Wang, & Luo, 2010)和情绪场景(Tamietto & de Gelder, 2010)的研究发现, 人脑在60~130 ms就可以对负性情绪刺激进行自动化加工, 并且负性刺激较中性刺激诱发更加明显的枕颞区正成分P1(王丽丽, 贾丽娜, 罗跃嘉, 2016)。近年来有研究发现, 情绪躯体刺激在早期阶段也能得到加工, 存在与面孔自动加工相似的 P1 成分。Meeren 等

收稿日期: 2016-09-26
* 国家社会科学基金教育学青年课题(CBA110103)和西北师范大学 2011 年青年教师科研能力提升计划项目资助。
通信作者: 赵鑫, E-mail: psyzhaoxin@nwnu.edu.cn
康铁君, E-mail: tiejunkang@163.com

(2005)的研究采用面孔−躯体情绪一致/不一致范式，考察了恐惧与愤怒情绪面孔−躯体的早期知觉加工过程，结果显示，不论面孔−躯体情绪是否一致，当刺激呈现 100 ms 左右，枕颞位置均出现增强的 P1 成分。研究者认为，人脑在视觉加工早期阶段就能整合面孔和躯体的威胁信息。此外，直接使用面孔遮蔽的情绪躯体材料的研究也再次验证了躯体表情存在与面部表情一致的 P1 效应，恐惧(Gu, Mai, & Luo, 2013; van Heijnsbergen, Meeren, Grèzes, & de Gelder, 2007)和愤怒(何振宏，赵婷，张丹丹，2016)躯体表情较中性或高兴躯体表情刺激诱发更正的 P1 波形(或较短的潜伏期)。此外，与情绪面孔和场景的自动化加工相似，躯体表情也存在明显的负性情绪偏向。

对比以往基于事件相关电位(Event Related Potentials, ERPs)、同步脑电−功能磁共振(ERP-fMRI)及脑磁图(Magnetoencephalography)技术的研究可以发现，情绪面孔和躯体刺激的早期自动化加工与视觉皮层和皮层下神经通路有关。例如，恐惧情绪面孔出现后 40~50 ms，就可观测到 V1 (primary visual cortex; Ales, Yates, & Norcia, 2010; Zhu & Luo, 2012)，及后部腹侧枕颞区(bilateral ventral occipito-temporal)与右侧前颞中皮层(right anterior medial temporal) (Ales et al., 2010; Luo, Holroyd, Jones, Hendler, & Blair, 2007; Morel, Beaucousin, Perrin, & George, 2012)在内的早期视觉皮层的活动，并且情绪面孔刺激较中性面孔刺激对上述皮层的激活程度也存在差异。最近，一项有关盲视病人的研究有力地证明了皮层下通路在早期情绪信息加工中的重要性，研究发现，左侧枕叶损伤的病人不能察觉右侧视野出现的与情绪无关的刺激，但恐惧刺激呈现后杏仁核却存在较强地激活(Oliver, Mao, & Mitchell, 2014)。有关情绪躯体刺激早期自动化加工的研究也发现类似的现象，支持情绪信息可以不经早期视觉皮层，直接经由上丘脑、枕核等皮层下神经通路通达杏仁核(Borgomaneri, Vitale, Gazzola, & Avenanti, 2015; Hadjikhani & de Gelder, 2003; Sinke, Sorger, Goebel, & de Gelder, 2010; van den Stock et al., 2011)。从上述研究的结论不难发现，皮层结构和皮层下通路在早期视觉自动化加工中的作用可能存在分离，纹状皮质(striate cortex)在内的皮层结构对视觉刺激的轮廓、空间特征等信息敏感；而以杏仁核为代表的皮层下通路对刺激的情绪信息更敏感。此外，皮层下通路与皮层结构对情绪刺激的加工速度也不尽相同，其中皮层下通路的加工速度更快。例如，恐惧面孔刺激呈现 10~20 ms 即可观察到下丘/丘脑(hypothalamus/thalamus area)的激活，20~40 ms 杏仁核出现明显反应(Luo, Holroyd, et al., 2010; Luo et al, 2007; Williams, Morris, McGlone, Abbot, & Mattingley, 2004)。然而，与情绪面孔 P1 成分密切相关的枕下后部皮层(inferior lateral occipital cortex) (包含枕叶面孔区，occipital face area, OFA)在刺激呈现后 60~100 ms 才能出现显著激活(Pitcher, Walsh, Yovel, & Duchaine, 2007; Sadeh, Podlipsky, Zhdanov, & Yovel, 2010)。

早期自动化加工中躯体表情刺激与面部表情刺激相比是否存在加工优势？Meeren 等(2005)对比恐惧、愤怒情绪的躯体(面孔模糊)刺激与面孔刺激的研究发现，与两种情绪身体姿势相比，不管是恐惧还是愤怒的面孔刺激都能诱发更正的 P1 波幅，且潜伏期更长。然而，张丹丹，赵婷，柳昀哲和陈玉明(2015)直接对比恐惧、中性情绪的躯体(面孔模糊)与面孔加工进程的研究发现，恐惧躯体姿势比恐惧面孔诱发更大的 P1 波幅。张丹丹等认为上述研究结果的差异，一方面可能源于二者的研究中所用刺激的情绪类别不同；另一方面 P1 作为早期知觉加工的外源性成分，对刺激的低水平威胁信息敏感(Pourtois, Dan, Grandjean, Sander, & Vuilleumier, 2005; Rossion & Jacques, 2008)，恐惧情绪身体姿势与恐惧情绪面孔相比是更低频的信息，因而诱发更加明显的 P1 波幅。尽管从上述电生理的研究结果无法推论出躯体表情加工在此阶段占有优势，但是躯体情绪语言表征的动作信息不但能够激活面部表情的加工机制(Adolphs, 2002)未涉及的额下回(inferior frontal gyrus, IFG)、尾状核(caudate nucleus, CN)及壳核(putamen, PT) (Gazzaniga, Lvry, & Mangun, 2013; van de Riet, Grèzes, & de Gelder, 2009)等在内的镜像神经元系统(mirror neuron systems)和基底神经节(basal ganglia)结构，还能能够诱发与防御相关的自主神经反应和运动反应通路(Pichon, de Gelder, & Grèzes, 2008, 2009)的活动。此外，较恐惧、愤怒的面孔肌肉线索变化，具有威胁性的躯体动作是更加明显的低频空间信息，更易受初级视皮层(纹状体皮质)和皮层下通路的加工(Tamietto & de Gelder, 2010)。

因此，在自动化视觉加工阶段，情绪躯体较情绪面孔涉及更加广阔的神经系统，且对大脑神经结构和网络的激活可能更早。今后的研究还需借助更为严格控制意识、注意资源的实验范式，采用MEG、ERP-fMRI 及单细胞记录(single-cell recording)等技术，进一步探讨动作对早期情绪加工影响的机制。

3　外形与情绪信息的视觉构型编码

3.1　N170：外形信息的结构化编码

面孔刺激呈现 120~200 ms，枕颞皮层会出现一个特异性的负波——N170，面孔刺激倒置呈现后 N170 成分的倒置效应(inversion effect)显著，反映了人脑对面孔的早期视觉结构化编码(佚牧，李雪榴，叶春，李红，2014; Eimer, 2000; Gliga & Dehaene-Lambertz, 2005)。与面孔的构型编码相似，躯体刺激(面孔模糊，下同)呈现 130~210 ms 枕颞区域也会产生与面孔相似的N170成分(Thierry et al., 2006; Meeren et al., 2005; van Heijnsbergen et al., 2007)。此外，将躯体表情刺激倒置(何振宏等，2016; Stekelenburg & de Gelder, 2004; Minnebusch, Keune, Suchan, & Daum, 2010; Righart & de Gelder, 2007)也会诱发与情绪面孔倒置效应相似的行为与电生理反应。因此，研究者普遍认为，躯体知觉可能也是基于构型加工(configural processing) (陈丽，李伟霞，张烨，张庆林，2015; Minnebusch & Daum, 2009)。

情绪躯体与面孔虽然有着相似的代表构型加工的 N170 成分，但其潜在神经基础并不相同。使用 MEG 的研究发现，面孔刺激的 N170 源于颞下皮层后部区域(posterior of inferior temporal region) (Hietanen, Kirjavainen, & Nummenmaa, 2014; Ishizu, Amemiya, Yumoto, & Kojima, 2010); ERP 溯源分析的研究认为，面孔刺激的 N170 成分与梭状回面孔区(fusiform face area, FFA)密切相关(Thierry et al., 2006); 基于同步 ERP-fMRI 技术的研究同样发现，N170 与 FFA 和颞上沟(superior temporal sulcus, STS)的活动密切相关，而与枕叶面孔区(occipital face cortex, OFA)是否激活无关(Pitcher et al., 2007; Sadeh et al., 2010)。但是，躯体刺激的 N170 成分主要反映了与颞中回(middle temporal gyrus)、枕中回(middle temporal gyrus)相邻的外纹状皮层身体区(extrastriate body area, EBA)的活动(Ishizu et al., 2010; Meeren, de Gelder, Ahlfors, Hämäläinen, & Hadjikhani, 2013; Thierry et al., 2006)。由于大脑中负责面孔和躯体加工的神经网络并不完全重合(丁小斌等, 2017)，进一步对比发现，参与躯体和面孔构型加工的特异性皮层存在明显差异，FFA 在面孔早期视觉分析中起关键作用，但是与 FFA 毗邻的梭状回躯体区(fusiform body area, FBA)并未参与躯体信息的早期加工；同样地，OFA 并未参与面孔的构型编码，但与OFA 相邻的 EBA 却负责躯体的构型加工。概括而言，与躯体刺激相比，面孔刺激对负责视觉编码的皮层激活范围更广，与自动化加工阶段中躯体激活更加广泛的神经网络形成鲜明对比。这可能与面孔、躯体传递信息的差异及大脑对此类信息加工的指向性、特异性有关。与面孔提供的种族、情绪、性别及年龄等复杂信息相比，躯体表达的情绪、动作(如挥动愤怒的拳头)及其意图信息直接指向个体生存相关的自动防御机制，因此需要早期视觉皮层结构与皮层下通路对相关信息快速传导与反应；而在随后的构型阶段，面孔独特的身份(与 FFA 有关)与情绪(与 STS 有关)信息则需更多的大脑皮层参与，对其表达的复杂信息进行更加精细的编码，以适应社会交往和人际互动的需求。

躯体和面孔作为情绪信息的重要载体，二者的构型加工是否受情绪信息的影响？Eimer, Holmes 和 McGlone (2003)认为，反映面孔刺激构型加工的 N170 较少受情绪信息的影响，但更多研究支持情绪信息影响 N170 成分(Hietanen & Astikainen, 2013; Righart & de Gelder, 2008)。如 Righart 和 de Gelder (2008)的一项研究将恐惧、高兴面孔嵌入中性、高兴、恐惧情绪场景中，要求被试根据面孔线索完成情绪分类任务。结果发现，恐惧面孔与恐惧背景匹配的情绪一致刺激诱发的 N170 振幅显著大于恐惧面孔与高兴、中性情绪背景匹配的情绪不一致刺激。那么，情绪信息是否会影响躯体表情的早期构型加工？Stekelenburg 和 de Gelder (2004)的研究显示，虽然恐惧与中性情绪躯体(面孔模糊处理)的加工过程都存在 N170，但情绪对N170 的影响并不显著，van Heijnsbergen 等(2007)的研究也得出类似的结论。张丹丹等(2015)在前人研究的基础上引入中性表情作为基线水平，对比考察恐惧、中性情绪的面孔和躯体姿势诱发的N170 是否存在差异。结果依然发现，情绪对反映

躯体构型加工的 N170 的调节作用并不显著，而对面孔构型加工的 N170 影响明显，更重要的是情绪面孔刺激较情绪躯体刺激诱发更加显著的 N170 波幅，与 Meeren 等(2005)的研究结果相似。张丹丹等(2015)认为，在 P1 加工阶段个体已经完成对恐惧等威胁信息的初步识别；在随后的结构编码阶段，人脑将更多资源转向情绪载体的分类和编码。综上所述，面孔较躯体传递的信息更加复杂，面部表情构型加工占用了更多认知资源，较情绪躯体的构型加工更具优势。

3.2 VPP：情绪信息视觉编码

与面孔构型加工的 N170 处于相同时间窗口(120~200 ms)的顶叶中央皮层正成分(vertex positive potential, VPP)也同样受到研究者的关注。VPP 与 N170 是由位于枕颞皮层的相同偶极子产生(Campanella, Quinet, Bruyer, Crommelinck, & Guerit, 2002; Feuerriegel, Churches, Hofmann, & Keage, 2015; Joyce & Rossion, 2005; Lu, Zhang, Hu, & Luo, 2011)，都反映了面孔刺激的构型加工(Luo, Feng, et al, 2010; Stekelenburg & de Gelder, 2004)。进一步分析发现，VPP 的来源与颞上沟(superior temporal sulcus, STS)的激活密切相关(r = 0.72, p = 0.03)，与 FFA 的激活次之(r = 0.59, p = 0.07)，而与 OTC 是否激活无关(r = 0.41, p = 0.24，见 Sadeh et al., 2010)，因此 VPP 与 N170 潜在的神经基础相似。由于 STS 对面孔情绪信息的改变更敏感，FFA 对面孔身份信息的识别更敏感(Foley, Rippon, Thai, Longe, & Senior, 2011; Yovel & Kanwisher, 2005)，因此可以推测 VPP 可能对情绪信息更敏感。

对比情绪面孔(Luo, Feng, et al, 2010)与情绪躯体(Stekelenburg & de Gelder 2004; van Heijnsbergen et al., 2007; 张丹丹等, 2015)加工过程的研究，不难发现，躯体刺激诱发了与面孔刺激相似的 VPP 成分，并且二者 VPP 成分的情绪效应都显著，即恐惧刺激较中性刺激引发的 VPP 波幅更正。值得注意的是，以往研究中情绪对 VPP 的影响主要体现为区分情绪(多为负性情绪)刺激与中性刺激，即实现情绪与非情绪信息的分离。然而，除中性以外的不同情绪类型刺激对 VPP 的影响并不明显。

与躯体刺激和面孔刺激诱发不同 N170 波幅相似，二者对 VPP 波幅的影响也存在差异。张丹丹等(2015)的研究直接对比了恐惧躯体与面孔诱发 VPP 的成分，发现 VPP 的情绪载体效应显著，表现为躯体图片刺激较面孔图片刺激诱发的 VPP 波幅较小，且潜伏期较短。与上文中的面孔和躯体对 N170 的调节作用一致。其原因可能是，在构型加工阶段，情绪面孔加工可能较情绪躯体加工占用更多认知资源。

3.3 N190：躯体情绪及运动信息的编码

直接对比情绪面孔与躯体加工过程的研究发现，包含头部但面孔模糊的躯体刺激诱发的 N170 波峰显著早于面孔刺激(Righart & de Gelder, 2007; Stekelenburg & de Gelder, 2004)。但是，孤立的躯体刺激(无头部)所诱发的特异性负波的最大峰值显著慢于面孔刺激的 N170(Gliga & Dehaene-Lambertz, 2005; Thierry et al., 2006)，研究者为区别以往面孔模糊的躯体刺激相关的 N170 成分，将这一特异性负波称为 N190 (Borhani, Làdavas, Maier, Avenanti, & Bertini, 2015; Gliga & Dehaene-Lambertz, 2005; Righart & de Gelder, 2007; Thierry et al., 2006; van Heijnsbergen et al., 2007)，也称 N1(Taylor, Roberts, Downing, & Thierry, 2010)，其反映了早期视觉加工阶段，对人类躯体的抽象信息(如情绪及动作等)的编码，而不是对低水平视觉特征的反应(Thierry et al., 2006)。与反映面孔视觉编码加工的 N170 相比，躯体视觉结构编码相关的 N190 成分的波峰所在时间窗口出现明显地延迟(面孔 N170 最大峰值出现在 140~180 ms，躯体 N190 最大峰值出现在 190~230 ms)，且躯体的 N190 成分的波幅更加显著(Rossion & Jacques, 2008; Thierry et al., 2006)。采用 EEG 溯源分析(Thierry et al., 2006), MEG (Ishizu et al., 2010; Meeren, Hadjikhani, Ahlfors, Hämäläinen, & de Gelder, 2016)，以及同步 EEG-fMRI (Taylor, Wiggett, & Downing, 2010) 技术的研究发现，侧枕颞皮层的 EBA 可能是 N190 潜在的神经基础。

N190 不仅对情绪与中性躯体刺激的反应不同，而且对静止与运动躯体刺激的反应也存在差异。比如，Borhani 等(2015, 2016)使用仿真模拟躯体刺激的研究发现，恐惧、高兴以及中性情绪对 N190 的调节作用存在差异，其中恐惧表情刺激诱发的 N190 波幅最大；同时，与静止躯体刺激相比，运动躯体刺激诱发的 N190 波幅更明显。值得注意的是，N190 成分对情绪躯体语言独特的表征方式，区别于以往研究中对不同情绪躯体信息不敏感的 N170 成分。一方面，与杏仁核及顶叶皮层相

连接的 EBA 是人类躯体知觉的关键区域，对躯体语言表达的情绪(Downing & Peelen, 2011; van de Riet et al., 2009; van den Stock, Vandenbulcke, Sinke, & de Gelder, 2012)与动作(Borgomaneri, Gazzola, & Avenanti, 2015; Downing & Peelen, 2016)敏感，EBA 对躯体的视觉编码加工表现为提取躯体传递的情绪和行为信息，因而表征为 N190 受躯体情绪、动作信息的调节。另一方面，EBA 对躯体的信息加工可能并不同步，在视觉加工早期(140~180 ms)对躯体的轮廓信息进行构型编码；在稍后的加工阶段(190~240 ms)对躯体的情绪和动作信息进行精细编码。

来自神经影像的研究为躯体情绪和动作的精细编码提供了支持。研究发现，当观察人体运动行为图片时，激活了额顶神经网络(Borgomaneri, Gazzola, & Avenanti, 2012; Avenanti, Annella, Candidi, Urgesi, & Aglioti, 2013a; Avenanti, Candidi, & Urgesi, 2013b)、EBA 及颞下叶(inferior temporal lobe) (Meeren et al., 2013)。由于额顶运动系统、颞下叶属于躯体表情加工模型的皮层上加工通路(de Gelder, Hortensius, & Tamietto, 2012)，反映了顶额皮层对视觉刺激非低频特征的精细化加工，因而 Borhani 等(2015) 认为：“N190 这一特殊的视觉编码，及随后的注意指向加工，代表了对他人情绪及意图的高效识别机制”。

4 注意和情绪指向加工

4.1 EPN：情绪信息的注意指向加工

有关面部表情(Calvo & Beltrán, 2014)和情绪场景(Schönwald & Müller, 2014; Thom et al., 2014)的研究发现，当情绪刺激呈现 200~350 ms，枕颞皮层区域会出现一个特异性的早期后部负波(Early Posterior Negativity, EPN) (Schupp, Flaisch, Stockburger, & Junghöfer, 2006; Schönwald & Müller, 2014)，与刺激的知觉编码和早期选择性加工有关(Hietanen et al., 2014)。EPN 反映了早期视觉编码完成后，情绪信息与自上而下或目标驱动注意(goal-driven attention)对凸显刺激进一步的选择性加工(Borhani et al., 2015; Calvo & Beltrán, 2014)。Flaisch, Schupp, Renner 和 Junghöfer (2009), Flaisch, Häcker, Renner 和 Schupp (2011)研究发现，EPN 对负性情绪效价的手部姿势敏感。随后的一些研究也显示，负性情绪躯体刺激较正性或中性情绪躯体诱发更加明显的 EPN 波幅(Borhani et al., 2015; Flaisch & Schupp, 2013; Hietanen et al., 2014)。

对比上述研究可以发现，N170 成分受不同面部表情和躯体表情的调节，采用情绪场景刺激的研究却未发现类似的 N170 效应；然而面部表情、躯体表情及情绪场景均能对 EPN 产生影响。本文认为：首先，人脑对躯体和面孔的表情信息加工有别于情绪场景加工。与情绪场景的加工不同，面部表情和躯体表情构型加工的 N170/VPP 潜在的神经基础部分重合或相邻；而情绪场景并不是基于构型加工，并不能激活与面孔和躯体构型加工相关的特异性脑区，因而不会产生类似于 N170 的效应。其次，视觉加工阶段情绪信息的识别可能需要不同等级的注意资源。早期自动化加工(P1)和随后的视觉结构编码(N170)可能是基于自下而上或刺激驱动(stimulus-driven)的注意控制，对有意注意的选择过滤机制的依赖较少(Theeuwes, 2010)；而在视觉加工后期，情绪面孔、躯体及场景都能够吸引自上而下或目标驱动的注意控制明确地指向威胁信号，从而为完善早期对威胁信号的初步加工提供了前提和条件，因此不论面部表情、躯体表情，还是情绪场景的加工都存在与注意指向加工相关的 EPN。

4.2 P3、LPC：情绪信息的高级认知加工

面部表情加工模型(Adolphs, 2002)和情绪躯体语言加工模型(de Gelder et al., 2004, 2012)都认为，存在一个由顶叶−前额叶−杏仁核基本回路构成的神经网络，负责视觉加工晚期阶段输入视觉情绪信息的分类、评估等精细加工。与理论模型预测一致，来自电生理的研究发现，面孔情绪刺激(Luo, Feng, et al, 2010; Recio, Wilhelm, Sommer, & Hildebrandt, 2017; Spapé, Harjunen, & Ravaja, 2017)和躯体情绪刺激(何振宏等, 2016; Gu et al., 2013; Flaisch & Schupp, 2013)呈现 300 ms 后，产生典型的 P3 与晚期正成分(Late Positive Component, LPC；与 P3 不同，LPC 的持续时间较长(可以到 1000 ms)，甚至在下一个刺激开始后还能观测，见 Hietanen 等(2014))，反映了顶额皮层对情绪刺激的晚期加工。在以上研究中，P3 和 LPC 不但可以区分情绪与中性刺激，而且能够辨别不同类型的情绪，体现了晚期加工阶段大脑对情绪信息的精细加工(Gu et al., 2013; Luo, Holroyd, et al., 2010)。

躯体表情与面部表情的晚期加工依然存在差

异。表现为面部表情比躯体表情诱发更正的 P3 波幅(张丹丹等, 2015)。由于 P3、LPC 的潜伏期受杏仁核和眶额区联合皮层调节的情绪增益控制(emotional gain control), 反映了情绪信息对认知加工的影响; 而 P3、LPC 的波幅则受背侧额顶神经网络调节的注意增益控制(attentional gain control)的影响, 反映了意识与注意对认知加工的调节(Hietanen & Astikainen, 2013; Hietanen et al., 2014; Pourtois, Schettino, & Vuilleumier, 2013), 因而 P3 与 LPC 波幅的增强代表了对刺激高级认知加工的分类和评价需要更多注意资源。因此, 视觉加工后期阶段, 面部表情加工可能比躯体表情占用更多的注意资源, 用于提取与目标面孔的身份和情绪信息相匹配的图式或长时记忆线索, 并进行相应的行为决策和反应。此外, 这种自上而下的认知调控可以反馈和弥补早期自动化加工中未被充分加工的高频空间频率的细节信息。

5 总结与展望

综上所述, 躯体表情和面部表情有着类似的视觉加工机制。在不同加工阶段, 二者的 ERP 成分、心理功能及影响因素相似, 并且二者潜在的神经基础部分重合或邻近。与面部表情的早期自动化加工相似, 反映了丘脑、杏仁核等皮层下加工通路和背侧视觉皮层结构对躯体动作、姿态表达的威胁情绪信息无意识的自动化加工。躯体表情与面部表情知觉过程会出现相似的 N170, 代表了颞枕区视觉皮层对二者早期的视觉构型编码, 但二者所涉及的神经基础并不完全重合。相比较而言, 此阶段面部表情的 N170 与 VPP 更具加工优势。随后出现的 EPN 则反映了对躯体表情和面部表情的注意指向加工; P3 与 LPC 反映了顶额神经网络系统对躯体表情和面部表情的高级认知加工, 面部表情较躯体表情占用更多的注意资源。躯体表情加工也存在特殊的视觉结构编码成分 N190, 其对躯体姿势表达的情绪和动作信息敏感, 反映了对躯体抽象信息的精细加工, 而不是对低水平视觉特征的反应。躯体及躯体表情知觉虽然作为一个新兴的研究领域, 超越了传统面孔识别和表情研究仅在视知觉领域的局限, 将更多真实情景引入了认知神经领域(方平, 李洋, 姜媛, 2009)。但是, 研究者对其认知加工过程及潜在神经基础等问题只是进行了初步地探讨, 当前有限的文献和研究成果使得研究者们难以对躯体知觉的认知神经机制得出准确的推论(陈丽等, 2015), 该领域尚有诸多问题有待进一步探究。

首先, 躯体表情知觉过程中虽然存在自动化加工的 P1 成分, 但是躯体的情绪与动作之间的生理基础和信息负荷是否存在差异? 其对早期自动化加工的影响是重合还是分离? 这些问题并不清楚。因此, 有必要进一步分离动作与情绪信息对躯体表情知觉的调节作用, 如探究运动内容较少的情绪躯体姿势(如惊讶或悲伤), 考察二者对早期加工的影响。此外, 当前已有研究者关注不同面部表情−声音情绪变化过程(Chen et al., 2016), 动态躯体情绪及动态面孔−躯体情绪的知觉过程、神经振荡等问题也有必要进一步探究。

其次, 基于上文的分析可知躯体表情的视觉编码阶段不仅涉及躯体相关的轮廓及空间等信息, 还反映了对躯体姿势表达的动作和情绪信息之间的识别。以往面孔和躯体知觉的研究认为 N170 对刺激的轮廓和构型信息敏感(Stekelenburg & de Gelder, 2004; de Gelder, de Borst, & Watson, 2015), 不同躯体的姿态和动作的外形及轮廓特征并不相同, 但并未见躯体姿态和动作对 N170 的调节作用, 因此有必要进一步探讨表达不同情绪信号的动态躯体姿态和动作线索对 N170 的影响是否存在差异。此外, 来自情绪面孔和躯体的研究显示 N170 似乎并不受自上而下或目标驱动注意控制的影响, 但自上而下或目标驱动注意控制是否会影响 N190?如果存在影响, 那所涉及的神经基础又是什么? 并且躯体知觉的 N170 与 N190 之间的关系也有待进一步澄清, 比如同一研究中如何区分 N170 与 N190?

再次, 有关躯体知觉神经基础的研究发现, EBA 与 FBA 在躯体知觉中的作用并不相同(de Gelder & de Borst, 2015)。采用溯源分析和 MEG 技术的研究表明, EBA 可能与早期视觉编码有关, 参与躯体的外形、情绪及运动信息的编码。但是, FBA 在躯体知觉过程中的作用, 以及 FBA 是否受躯体的外形、情绪及运动信息的调节等问题尚不明晰。此外, 研究者对 EBA 与 FBA 在躯体知觉中的先后作用(陈丽等, 2015; Meeren et al., 2013)也存在分歧, 因此 EBA 与 FBA 在认知过程中的功能联系也需要进一步明确。

最后, 目前躯体表情知觉过程的研究更多采

用与威胁有关的负性情绪，如恐惧和愤怒表情，个别研究涉及高兴表情，鲜有研究考察悲伤、厌恶及惊讶表情的 ERP 成分。高兴、悲伤、厌恶、惊讶情绪躯体刺激的认知过程又是怎样的？这些情绪的 EPN、P3 及 LPC 成分差有无差异？这些问题都有待于进一步探究。

参考文献

陈丽，李伟霞，张烨，张庆林. (2015). 躯体知觉的认知神经机制. *心理科学, 38*(1), 85–92.

丁小斌，康铁君，赵鑫. (2017). 情绪识别研究中被“冷落”的线索：躯体表情加工的特点、神经基础及加工机制. *心理科学, 40*(5), 1084–1090.

方平，李洋，姜媛. (2009). 情绪躯体语言研究进展. *心理科学, 32*(5), 1155–1158.

何振宏，赵婷，张丹丹. (2016). 正立和倒立的威胁性身体表情的识别. *心理科学, 39*(1), 158–165.

王丽丽，贾丽娜，罗跃嘉. (2016). 情绪自动化加工的证据与争议. *心理科学进展, 24*(8), 1185–1197.

侯牧，李雪榴，叶春，李红. (2014). 面部表情加工的 ERP 成分. *心理科学进展, 22*(10), 1556–1563.

张丹丹，赵婷，柳昀哲，陈玉明. (2015). 恐惧情绪面孔和身体姿势加工的比较：事件相关电位研究. *心理学报, 47*(8), 963–970.

Gazzaniga, M. S., Lvry, R. B., & Mangun, G. R. (2013). *认知神经科学：关于心智的生物学* (周晓林，高定国等译, 3 版). 北京：轻工业出版社.

Adolphs, R. (2002). Recognizing emotion from facial expressions: Psychological and neurological mechanisms. *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews, 1*(1), 21–62.

Ales, J. M., Yates, J. L., & Norcia, A. M. (2010). V1 is not uniquely identified by polarity reversals of responses to upper and lower visual field stimuli. *NeuroImage, 52*(4), 1401–1409.

Avenanti, A., Annella, L., Candidi, M., Urgesi, C., & Aglioti, S. M. (2013a). Compensatory plasticity in the action observation network: Virtual lesions of STS enhance anticipatory simulation of seen actions. *Cerebral Cortex, 23*(3), 570–580.

Avenanti, A., Candidi, M., & Urgesi, C. (2013b). Vicarious motor activation during action perception: Beyond correlational evidence. *Frontiers in Human Neuroscience, 7*(4), 185–192.

Aviezer, H., Trope, Y., & Todorov, A. (2012). Body cues, not facial expressions, discriminate between intense positive and negative emotions. *Science, 338*(6111), 1225–1229.

Borhani, K., Borgomaneri, S., Làdavas, E. & Bertini, C. (2016). The effect of alexithymia on early visual processing of emotional body postures. *Biological Psychology, 115*, 1–8.

Borhani, K., Làdavas, E., Maier, M. E., Avenanti, A. & Bertini, C. (2015). Emotional and movement-related body postures modulate visual processing. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 10*(8), 1092–1101.

Borgomaneri, S., Gazzola, V., & Avenanti, A. (2012). Motor mapping of implied actions during perception of emotional body language. *Brain Stimulation, 5*(2), 70–76.

Borgomaneri, S., Gazzola, V., & Avenanti, A. (2015). Transcranial magnetic stimulation reveals two functionally distinct stages of motor cortex involvement during perception of emotional body language. *Brain Structure and Function, 220*(5), 2765–2781.

Borgomaneri, S., Vitale, F., Gazzola, V., & Avenanti, A. (2015). Seeing fearful body language rapidly freezes the observer's motor cortex. *Cortex, 65*, 232–245.

Calvo, M. G., & Beltrán, D. (2014). Brain lateralization of holistic versus analytic processing of emotional facial expressions. *NeuroImage, 92*(10), 237–247.

Campanella, S., Quinet, P., Bruyer, R., Crommelinck, M., & Guerit, J.-M. (2002). Categorical perception of happiness and fear facial expressions: An ERP study. *Journal of Cognitive Neuroscience, 14*(2), 210–227.

Chen, X., Pan, Z., Wang, P., Yang, X., Liu, P., You, X., & Yuan J. (2016). The integration of facial and vocal cues during emotional change perception: EEG markers. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 11*(7), 1152–1161.

de Gelder, B. (2006). Towards the Neurobiology of Emotional Body Language. *Nature Review Neuroscience, 7*(3), 242–249.

de Gelder B., & de Borst A. W. (2015). Body perception. In: A. W. Toga (Ed.), *Brain mapping: An encyclopedic reference* (pp. 107–114). Amsterdam: Elsevier.

de Gelder, B., de Borst, A. W., & Watson, R. (2015). The perception of emotion in body expressions. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science, 6*(2), 149–158.

de Gelder, B., Hortensius, R., & Tamietto, M. (2012). Attention and awareness each influence amygdala activity for dynamic bodily expressions—a short review. *Frontiers in Integrative Neuroscience, 6*, 54–63.

de Gelder, B., Snyder, J., Greve, D., Gerard, G., & Hadjikhani, N. (2004). Fear fosters flight: A mechanism for fear contagion when perceiving emotion expressed by a whole body. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America, 101*(47), 16701–16706.

Downing, P. E., & Peelen, M. V. (2011). The role of occipitotemporal body-selective regions in person perception. *Cognitive Neuroscience, 2*(3–4), 186–203.

Downing, P. E., & Peelen, M. V. (2016). Body selectivity in occipitotemporal cortex: Causal evidence. *Neuropsychologia, 83*, 138–148.

Eimer, M. (2000). Effects of face inversion on the structural encoding and recognition of faces: Evidence from event-related brain potentials. *Cognitive Brain Research, 10*(1–2), 145–158.

Eimer, M., Holmes, A., & McGlone, F. P. (2003). The role of spatial attention in the processing of facial expression: An ERP study of rapid brain responses to six basic emotions. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience, 3*(2), 97–110.

Feuerriegel, D., Churches, O., Hofmann, J., & Keage, H. A. D. (2015). The N170 and face perception in psychiatric and neurological disorders: A systematic review. *Clinical Neurophysiology, 126*(6), 1141–1158.

Flaisch, T., Häcker, F., Renner, B., & Schupp, H. T. (2011). Emotion and the processing of symbolic gestures: an event-related brain potential study. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 6*(1), 109–118.

Flaisch, T., & Schupp, H. T. (2013). Tracing the time course of emotion perception: The impact of stimulus physics and semantics on gesture processing. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 8*(7), 820–827.

Flaisch, T., Schupp, H. T., Renner, B., & Junghöfer, M. (2009). Neural systems of visual attention responding to emotional gestures. *NeuroImage, 45*(4), 1339–1346.

Foley, E., Rippon, G., Thai, N. J., Longe, O., & Senior, C. (2011). Dynamic facial expressions evoke distinct activation in the face perception network: A connectivity analysis study. *Journal of Cognitive Neuroscience, 24*(2), 507–520.

Gliga, T., & Dehaene-Lambertz, G. (2005). Structural encoding of body and face in human infants and adults. *Journal of Cognitive Neuroscience, 17*(8), 1328–1340.

Gu, Y. Y., Mai, X. Q., & Luo, Y.-J. (2013). Do bodily expressions compete with facial expressions? Time course of integration of emotional signals from the face and the body. *PLoS One, 8*(7), e66762.

Hadjikhani, N., & de Gelder, B. (2003). Seeing fearful body expressions activates the fusiform cortex and amygdala. *Current Biology, 13*(24), 2201–2205.

Hietanen, J. K., & Astikainen, P. (2013). N170 response to facial expressions is modulated by the affective congruency between the emotional expression and preceding affective picture. *Biological Psychology, 92*(2), 114–124.

Hietanen, J. K., Kirjavainen, I., & Nummenmaa, L. (2014). Additive effects of affective arousal and top-down attention on the event-related brain responses to human bodies. *Biological Psychology, 103*, 167–175.

Ishizu, T., Amemiya, K., Yumoto, M., & Kojima, S. (2010). Magnetoencephalographic study of the neural responses in body perception. *Neuroscience Letters, 481*(1), 36–40.

Lu, Y., Zhang, W.-N., Hu, W., & Luo, Y.-J. (2011). Understanding the subliminal affective priming effect of facial stimuli: An ERP study. *Neuroscience Letters, 502*(3), 182–185.

Luo, Q., Holroyd, T., Jones, M., Hendler, T., & Blair, J. (2007). Neural dynamics for facial threat processing as revealed by gamma band synchronization using MEG. *NeuroImage, 34*(2), 839–847

Luo, Q., Holroyd, T., Majestic, C., Cheng, X., Schechter, J., & Blair, R. J. (2010). Emotional automaticity is a matter of timing. *Journal of Neuroscience, 30*(17), 5825–5829.

Luo, W. B., Feng, W. F., He, W. Q., Wang, N.- Y., & Luo, Y.-J. (2010). Three stages of facial expression processing: ERP study with rapid serial visual presentation. *NeuroImage, 49*(2), 1857–1867.

Joyce, C., & Rossion, B. (2005). The face-sensitive N170 and VPP components manifest the same brain processes: The effect of reference electrode site. *Clinical Neurophysiology, 116*(11), 2613–2631.

Meeren, H. K. M., de Gelder, B., Ahlfors, S. P., Hämäläinen, M. S., & Hadjikhani, N. (2013). Different cortical dynamics in face and body perception: An MEG study. *PLoS One, 8*(9), e71408.

Meeren, H. K. M., Hadjikhani, N., Ahlfors, S. P., Hämäläinen, M. S., & de Gelder, B. (2016). Early preferential responses to fear stimuli in human right dorsal visual stream-A Meg Study. *Scientific Report, 6*, 24831.

Meeren, H. K. M., van Heijnsbergen, C. C. R. J., & de Gelder, B. (2005). Rapid perceptual integration of facial expression and emotional body language. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 102*(45), 16518–16523.

Minnebusch, D. A., & Daum, I. (2009). Neuropsychological mechanisms of visual face and body perception. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 33*(7), 1133–1144.

Minnebusch, D. A., Keune, P. M., Suchan, B., & Daum, I. (2010). Gradual inversion affects the processing of human body shapes. *NeuroImage, 49*(3), 2746–2755.

Morel, S., Beaucousin, V., Perrin, M., & George, N. (2012). Very early modulation of brain responses to neutral faces by a single prior association with an emotional context: Evidence from MEG. *NeuroImage, 61*(4), 1461–1470.

Moro, V., Urgesi, C., Pernigo, S., Lanteri, P., Pazzaglia, M., & Aglioti, S. M. (2008). The neural basis of body form and body action agnosia. *Neuron, 60*(2), 235−246.

Oliver, L. D., Mao, A., & Mitchell, D. G. V. (2014). "Blindsight" and subjective awareness of fearful faces: Inversion reverses the deficits in fear perception associated with core psychopathic traits. *Cognition and Emotion, 29*(7), 1256–1277.

Pitcher, D., Walsh, V., Yovel, G., & Duchaine, B. (2007). TMS evidence for the involvement of the right occipital

face area in early face processing. *Current Biology, 17*(18), 1568−1573.

Pichon, S., de Gelder, B., & Grèzes, J. (2008). Emotional modulation of visual and motor areas by dynamic body expressions of anger. *Social Neuroscience, 3*(3−4), 199−212.

Pichon, S., de Gelder, B., & Grèzes, J. (2009). Two different faces of threat. Comparing the neural systems for recognizing fear and anger in dynamic body expressions. *NeuroImage, 47*(4), 1873−1883.

Pourtois, G., Dan, E. S., Grandjean, D., Sander, D., & Vuilleumier, P. (2005). Enhanced extrastriate visual response to bandpass spatial frequency filtered fearful faces: Time course and topographic evoked-potentials mapping. *Human Brain Mapping, 26*(1), 65–79.

Pourtois, G., Schettino, A., & Vuilleumier, P. (2013). Brain mechanisms for emotional influences on perception and attention: What is magic and what is not. *Biological Psychology, 92*, 492–512.

Recio, G., Wilhelm, O., Sommer, W., & Hildebrandt, A. (2017). Are event-related potentials to dynamic facial expressions of emotion related to individual differences in the accuracy of processing facial expressions and identity? *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience, 17*(2), 364–380.

Righart, R., & de Gelder, B. (2007). Impaired face and body perception in developmental prosopagnosia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 104*(43), 17234–17238.

Righart, R, & de Gelder, B. (2008). Rapid influence of emotional scenes on encoding of facial expressions: An ERP study. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 3*(3), 270–278.

Rossion, B., & Jacques, C. (2008). Does physical interstimulus variance account for early electrophysiological face sensitive responses in the human brain? Ten lessons on the N170. *NeuroImage, 39*(4), 1959–1979.

Sadeh, B., Podlipsky, I., Zhdanov, A., & Yovel, G. (2010). Event-related potential and functional MRI measures of face-selectivity are highly correlated: A simultaneous ERP-fMRI investigation. *Human Brain Mapping, 31*(10), 1490–1501.

Schönwald, L. I., & Müller, M. M. (2014). Slow biasing of processing resources in early visual cortex is preceded by emotional cue extraction in emotion-attention competition. *Human Brain Mapping, 35*(4), 1477–1490.

Schupp, H. T., Flaisch, T., Stockburger, J., & Junghöfer, M. (2006). Emotion and attention: Event-related brain potential studies. *Progress in Brain Research, 156*(2), 31–51.

Sinke, C. B. A., Sorger, B., Goebel, R., & de Gelder, B. (2010). Tease or threat? Judging social interactions from bodily expressions. *NeuroImage, 49*(2), 1717–1727.

Spapé, M. M., Harjunen, V., & Ravaja, N. (2017). Effects of touch on emotional face processing: A study of event-related potentials, facial EMG and cardiac activity. *Biological Psychology, 124*, 1–10.

Stekelenburg, J. J., & de Gelder, B. (2004). The neural correlates of perceiving human bodies: An ERP study on the body-inversion effect. *Neuroreport, 15*(5), 777–780.

Tamietto, M., & de Gelder, B. (2010). Neural bases of the non-conscious perception of emotional signals. *Nature Reviews Neuroscience, 11*(10), 697–709.

Taylor, J. C., Roberts, M. V., Downing, P. E., & Thierry, G. (2010). Functional characterisation of the extrastriate body area based on the N1 ERP component. *Brain and Cognition, 73*(3), 153–159.

Taylor, J. C., Wiggett, A. J., & Downing, P. E. (2010). fMRI–adaptation studies of viewpoint tuning in the extrastriate and fusiform body areas. *Journal of Neurophysiology, 103*(3), 1467–1477.

Theeuwes, J. (2010). Top-down and bottom-up control of visual selection. *Acta Psychologica, 135*(2), 77–99.

Thierry, G., Pegna, A. J., Dodds, C., Roberts, M., Basan, S., & Downing, P. (2006). An event-related potential component sensitive to images of the human body. *NeuroImage, 32*(2), 871–879.

Thom, N., Knight, J., Dishman, R., Sabatinelli, D., Johnson, D. C., & Clementz, B. (2014). Emotional scenes elicit more pronounced self-reported emotional experience and greater EPN and LPP modulation when compared to emotional faces. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience, 14*(2), 849–860.

van de Riet W. A., Grèzes, J., & de Gelder, B. (2009). Specific and common brain regions involved in the perception of faces and bodies and the representation of their emotional expressions. *Social Neuroscience, 4*(2), 101–120.

van den Stock, J., Tamietto, M., Sorger, B., Pichon, S., Grézes, J., & de Gelder, B. (2011). Cortico-subcortical visual, somatosensory, and motor activations for perceiving dynamic whole-body emotional expressions with and without striate cortex (V1). *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America, 108*(39), 16188–16193.

van den Stock, J., Vandenbulcke, M., Sinke, C. B. A., & de Gelder, B. (2012). Affective scenes influence fear perception of individual body expressions. *Human Brain Mapping, 35*(2), 492–502.

van Heijnsbergen, C. C. R. J., Meeren, H. K. M., Grèzes, J., & de Gelder, B. (2007). Rapid detection of fear in body

expressions, an ERP study. *Brain Research, 1186*(1), 233–241.

Williams, M. A., Morris, A. P., McGlone, F., Abbott, D. F., & Mattingley, J. B. (2004). Amygdala responses to fearful and happy facial expressions under conditions of binocular suppression. *The Journal of Neuroscience, 24*(12), 2898–2904.

Yovel, G., & Kanwisher, N. (2005). The neural basis of the behavioral face-inversion effect. *Current Biology, 15*(24), 2256–2262

Zhu, X.-R., & Luo, Y.-J. (2012). Fearful faces evoke a larger C1 than happy faces in executive attention task: An event-related potential study. *Neuroscience Letters, 526*(2), 118–121.

A comparison for machine processing of emotional body language and facial expression

DING Xiaobin; KANG Tiejun; ZHAO Xin; FUN Junjun

(*Behavior Rehabilitation Training Research Institution, School of Psychology, Northwest Normal University, Lanzhou* 730070, *China*)

Abstract: Both body language and facial expression recognition provide sensitive clues about individual emotion recognition. Facial expression and bodily expression can be detected to a similar extent in the early stages of visual processing, where reflects the subcortical processing pathway and the dorsal route structures associated with unconscious threat information cues for automated processing. Both body language and facial expression recognition have similar N170 component, which reflect early visual coding in the temporal occipital visual cortex. Nonetheless, the N170 component of body language and facial expression involve different neural processes. Moreover, the N170 component and vertex positive potential (VPP) of facial expression processing are superior to the responses to body language processing. The early posterior negativity (EPN) component reflects visual coding in late attentional processing. The P3 and the late positive component (LPC) represent higher cognitive processing in the fronto-parietal cortices, and facial expression require more cognitive resources than physical actions. Furthermore, there is a special N190 response to body language based in the extrastriate body area (EBA). It is sensitive to emotions expressed by body language and information from physical actions. This special visual coding may represent a social adaptation mechanism effectively for the perception of the emotions and intentions of others. Future research should focus on the influence of emotional body language on the processing of facial expressions, the integration of facial and bodily cues during emotional change perception and others.

Key words: bodily expression; facial expressions; P1; N170; N190